

Hardware libre y Sistemas Embebidos en la potenciación tecnológica

Conceptos, ejemplos y caso de aplicación

Camilo Andrés Gutiérrez Velásquez

Estudiante de Ingeniería de Sistemas
Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática
Universidad Industrial de Santander
camiloguti24@gmail.com

Joao Antonio Maldonado Cerón

Estudiante de Ingeniería de Sistemas
Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática
Universidad Industrial de Santander
joao.maldonado96@gmail.com

Victor Daniel Gallego Umaña

Estudiante de Ingeniería de Sistemas
Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática
Universidad Industrial de Santander
vidagum123@hotmail.com

Resumen—El siguiente artículo tiene como finalidad explicar detalladamente los conceptos de hardware libre y sistemas embebidos desde sus orígenes hasta el estado actual en el que se encuentran, para luego plantear un uso de bajo costo aplicado a la Universidad Industrial de Santander de uno de los modelos de Raspberry-Pi, el cual es un proyecto de hardware libre que consiste en un computador de placa reducida de bajo coste con el objetivo de impulsar la enseñanza de las ciencias de la computación en las escuelas.

Palabras clave—*Raspberry-Phy; embebido; hardware;*

Abstract—The following article has the purpose of explaining in detail the concepts of free hardware and embedded systems from their origins to the current state in which they are, and then propose a low cost application to the Industrial University of Santander of one of the models of Raspberry-Phy, which is a free hardware project consisting of a low-cost reduced-plaque computer aimed to boost the teaching of computer science in schools.

Keywords—*Raspberry-Pi; embedded system; hardware;*

I. INTRODUCCIÓN

Al momento de mencionar hardware libre, existe una tendencia a creer que es algo similar al Software libre, pero, esto no es así, ya que el hardware tiene asociados a él costos variables directos. Si se cumple que los dispositivos físicos poseen especificaciones, diagramas esquemáticos y que estos son de acceso público, se considera entonces que los mismos son Hardware libre (ya sea bajo algún tipo de pago o de forma gratuita).

El objetivo del hardware libre es crear diseños de aparatos informáticos de forma abierta, de manera que todas las personas puedan acceder, como mínimo, a los planos de construcción.

Por otro lado, un sistema embebido es un sistema electrónico diseñado para realizar pocas funciones en tiempo real, es decir, que se diseña para cubrir necesidades específicas, tales como, el funcionamiento de un carro, un elevador, un horno microondas, entre otros. Partiendo de los dos conceptos anteriormente mencionados, se han desarrollado diferentes dispositivos basados en la cultura libre en el software tales como Raspberry Pi, Arduino, OpenMoko, los cuales tienen fines que van desde la estimulación de la enseñanza de ciencias de la computación en las escuelas, el desarrollo de proyectos para el control de objetos interactivos autónomos, hasta la creación de un sistema operativo basado en Linux que funcione sobre teléfonos móviles.

II. ESTADO DEL ARTE

A finales de la década de los noventa, el mundo conoció avances activistas encaminados a conseguir Hardware con código abierto (OS, open source) por Bruce Perens, creador de la definición del OS, él lanzó el programa de certificación de código abierto, en el que se tenía por objetivo permitir que las manufactureras de Hardware obtuviesen autocertificación. Al certificar estos dispositivos como abiertos, el fabricante se compromete a estar a cargo de mantener la disponibilidad de la documentación

para programar el dispositivo-driver de un dispositivo hardware específico. Aunque esta certificación no garantiza que el driver está disponible para un dispositivo y sistema operativo específico, sí garantiza que cualquiera que desee acceder a fabricar uno, puede obtener la información necesaria para hacerlo [1]. El deseo de conseguir garantías que aseguren la libertad de código, trajo consigo múltiples licencias que hoy en día aún son ampliamente usadas por una gran variedad de empresas, dependiendo de sus necesidades y de su filosofía como organización. Algunas de estas licencias que se utilizan son GNU General Public License (GPL), Open Hardware License (OSHL), Creative Commons Attribution-ShareAlike, y siguiendo una licencia permisiva, se encuentran las licencias de FreeBSD, MIT y Creative Commons Attribution [2]

Para comienzos del siglo XXI, se han venido proliferando nuevos proyectos de Hardware Libre, apoyados en este tipo de licencias y en las facilidades que internet trae consigo, esto es, facilitando y simplificando el acceso público a diagramas, planos y diseños lógicos de los dispositivos. Así pues, existen diversas tecnologías de bajo coste que son creadas bajo licencias de código abierto y en los que confluyen sensores de diferente naturaleza.

Algunas de ellas son Arduino, Raspberry Pi, OpenPicus, Cubieboard o Udo. Sin embargo las tres primeras tecnologías son las más conocidas pues se encuentran en auge.

En materia tecnológica, Raspberry Pi se ha venido posicionando gracias a que trae la pretensión de servir como medio para la enseñanza de las ciencias de la computación a un precio muy bajo. En cuanto al hardware, se tienen tres modelos de Raspberry: el modelo inicial A y el modelo B, que es el que se comercializa ahora. El modelo B cuenta con dimensiones de placa de 8,5 cm por 5.3 cm [3] y características interesantes, para Pi 2 el modelo B cuenta con procesador quad-core basado en tecnología ARM Cortex-A7 de 900MHz, 1GB de RAM y junto con el modelo Pi 1, posee 4 puertos USB, 40 pines GPIO, puerto de Full HDMI, puerto ethernet, junto con una interfaz de cámara y display (CSI y DSI), también posee ranura para agregar Micro SD y tiene core de gráficas en 3D llamado VideoCore IV. Gracias a que posee un procesador ARMv7, puede correr las distribuciones de GNU/Linux. así como también Microsoft Windows 10. [4]

Para febrero de 2016 fue lanzada la tercera generación de Raspberry pi (Pi 3), comparado con versiones anteriores, esta nueva entrega posee tecnología basada en ARMv8 con 1.2GHz y procesador de 64 bits, junto con red Wireless 802.11n, además de poseer Bluetooth 4.1 Low Energy [5]. Gracias a su avance con tecnología inalámbrica, Pi 3 se

convierte en un posible recurso para propósitos académicos en la Universidad Industrial de Santander.

III. MARCO TEÓRICO

1. Hardware libre

1.1 Antecedentes

Si bien es cierto que la aplicación del concepto hardware libre se ha desarrollado durante las últimas dos décadas, esto no quiere decir que allí nació, sino que debemos remontarnos hasta los inicios de la informática en el siglo XX. [12]

Para la década de los 70 era muy común ver aficionados de la computación intentando armar sus propios ordenadores con partes de diferentes proveedores e incluyendo su propia implementación. Años más tarde en la década de los noventa los FPGA y Open Design Circuits surgieron en el sitio web de Reinoud Lamberts. Open Design Circuits propuso la creación de una comunidad de diseño de hardware con el espíritu de software libre donde en vez de compartir los diagramas esquemáticos, el código HDL es compartido.[12]

Teóricamente, FPGA tenía como objetivo permitir el intercambio de diseños libres electrónicamente de igual manera que se intercambian programas. Aunque en la práctica, las personas que iban perteneciendo a la comunidad nunca agregaron diseños libres, debido a la falta de software libre para el diseño electrónico, para lo cual, se debatió sobre el uso del software libre o el freeware comercial, hasta el extremo que no se creó ningún diseño real en el sitio.[12]

1.2 Definición

En computación, se define como hardware al conjunto de elementos, materiales y partes que componen un computador. Se le llama hardware a componentes físicos de un PC(Personal Computer) como el disco duro, la unidad de disco óptico, la disquetera, etc. El hardware hace referencia a todo aquello que se puede tocar, que es tangible, es decir todos los componentes físicos de un computador.[12]

Hay ocasiones en las que mecanismos del hardware tienen especificaciones y diagramas esquemáticos que poseen un acceso público, a los dispositivos de hardware que cumplen con esta condición se les conoce como hardware libre, ya sea que su acceso este por medio de un pago o por el contrario sea totalmente gratuito. [12]

El hardware libre utiliza los mismos ideales que usa el software libre para que sean aplicados en su campo, haciendo referencia a las cuatro libertades: libertad de uso, de estudio y modificación, de distribución, y de redistribución. Su principal meta es la creación de diversos diseños de instrumentos informáticos de una manera abierta, con el fin de que cualquier persona interesada pueda acceder a la información y con esto, se refiere a que como mínimo las personas tengan la posibilidad de obtener los planos de dichos dispositivos informáticos.[12]

De la misma forma que el software libre, el término de hardware libre, hace referencia a la facilidad de obtener la documentación y el uso del mecanismo, más no que esto sea necesariamente gratuito. Con libre quiere decir que toda la información acerca de los dispositivos, su uso, sus componentes y el diseño del mismo pueda ser usada libremente. De esta forma podemos decir que es mucho más fácil para los desarrolladores la implementación y la mejora de dicha tecnología. [12]

Sin embargo, debido a que en la actualidad se crea una gran cantidad de componentes informáticos en donde casi todos tienen sus respectivas patentes, es difícil encontrar soluciones óptimas que no hayan sido patentadas previamente por una empresa. Además, hay que sumar que actualmente los dispositivos que son lanzados al mercado traen muy poca documentación de sí mismos, generando incluso que su reparación sea casi imposible.[12]

Para llevar a la práctica el concepto de hardware libre hay que tener en cuenta algunas dificultades, como son depender de tecnología extranjera, ya que esto podría aumentar significativamente los costos y el tiempo de producción.[12]

1.3 Certificaciones

Existe un programa de certificación de hardware denominado Open Hardware Specification Program el cual se utiliza principalmente para crear compatibilidad entre componentes informáticos con el sistema operativo GNU Linux. [12]

La Open Hardware Association en su primer encuentro diseñaron unos principios básicos para otorgar la licencia de hardware libre que serían, de manera resumida los siguientes:

- Documentación: el hardware debe tener su documentación completa y a su vez, debe permitir la modificación.
- Alcance: la documentación debe incluir de manera

clara qué o cuáles partes del diseño se publican bajo la licencia.

- Software necesario: si el diseño requiere de licencia de software, este debe cumplir con unos requisitos mínimos de documentación, además de ser publicada bajo una licencia de código abierto aprobada por OSI.
- Obras derivadas: la licencia de dicho hardware debe permitir modificaciones y trabajos derivados así como la fabricación, venta, distribución y uso de productos creados a partir de los archivos de diseño.
- Redistribución libre: no puede existir ningún tipo de reclamo al momento de que un tercero ejecute una venta o distribución de un producto que esté bajo esta licencia.
- Atribución: la licencia puede requerir documentos derivados y aviso de copyright asociados a los dispositivos, A su vez, se debe hacer mención al diseñador.
- No discriminatoria: la licencia no puede, ni debe, discriminar a ningún grupo o persona.
- No discriminación en función de la finalidad perseguida: la licencia no puede prohibir el uso de la obra, para algún campo o actividad que requiera de su servicio.
- Distribución de la licencia: no es necesaria la solicitud de permisos adicionales para hacer uso del hardware libre.
- La licencia no debe ser específica de un producto: los derechos de productos derivados hacen extensiva esta licencia.
- La licencia no debe restringir otro hardware o software: no existen objeciones de lo que pueda implementarse a esta tecnología de forma externa o añadida.
- La licencia debe ser tecnológicamente neutral: Ninguna disposición de la misma debe basarse en una tecnología específica, parte o componente, material o interfaz para su uso.

Además existen proyectos como OpenCores y OpenHardware, que recopilan esquemas y desarrollos de hardware creados por profesionales independientes, los cuales siguen el espíritu de la comunidad del software libre.[9]

1.4 Clasificaciones

Es importante saber y/o conocer que existe una clasificación de hardware según su naturaleza los cuales se exponen a continuación:

- Hardware estático: es el conjunto de elementos materiales de los sistemas electrónicos, es decir,

que tienen una existencia física(se puede “tocar”).



Figura 1. Imagen de una placa libre I9500 S4

- **Hardware reconfigurable:** este se describe mediante un lenguaje HDL (Hardware Description Language, Lenguaje de descripción hardware), donde los diseños son ficheros de texto, que contienen el código fuente, mediante los cuales se realiza una simulación, que permite comprobar si el diseño cumple las especificaciones. También, se puede obtener el bitstream, que al descargarlo en una FPGA se consigue que el diseño hardware se materialice. Además, al hardware reconfigurable se les puede aplicar una licencia libre, como la GPL.[7]

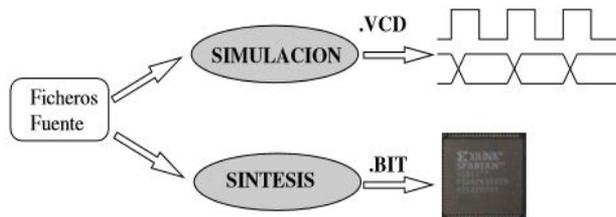


Figura 2. Ciclo de diseño de hardware reconfigurable: simulación y síntesis.

1.5 Tipos de planos en electrónica

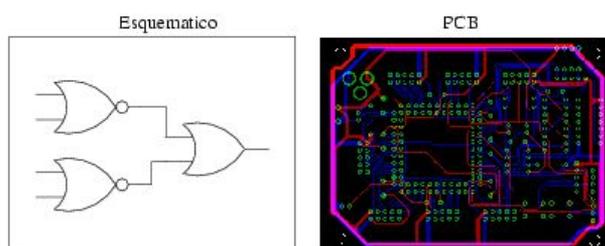


Figura 3. Un trozo de un plano esquemático y un PCB

Existen tres tipos de planos que describen un diseño:

- **Esquemático:** indica los componentes lógicos y las señales que se conectan entre ellos.
- **Circuito impreso (PCB):** indica el lugar físico en el que se deben situar los componentes, sus dimensiones, encapsulados y cuáles son los caminos que siguen las pistas para unir sus pines. Además de esto, describe cómo es físicamente la placa y sus dimensiones.
- **Fichero de fabricación (GERBER):** contiene toda la información necesaria para que se puedan fabricar los PCBs en la industria. Este es un fichero para las máquinas.

Para el diseño de la placa, debe usarse los planos esquemáticos y el PCB. El fichero GERBER es el que se obtiene como resultado y permite realizar la fabricación industrial del PCB.[7]

1.6 Ventajas

El hardware libre permite a las naciones tener una independencia tecnológica de otras naciones que proveen los recursos necesarios para su desarrollo. Además favorece la calidad del hardware, a los estándares abiertos y que sean más económicos. Al ser libre permite que el trabajo colaborativo existente en los diseños permita la reutilización y la adaptación de los mismos, disminuyendo así los costos y tiempos de desarrollo. Por último evita la alianza trusted computing y la gestión de derechos digitales (DRM), las cuales imponen restricciones a los dispositivos electrónicos.[10]

1.7 Desventajas

Un diseño físico es único, luego la compartición depende de la facilidad de reproducción que este posea. La persona que quiera utilizar el hardware que otra haya diseñado primero lo tiene que fabricar, para lo cual tendrá que comprobar los componentes necesarios y luego revisar su correcto funcionamiento. La disponibilidad de materiales en un país puede ser muy diferente a la de otro, por lo que, al intentar replicar un diseño de hardware el fabricante puede verse en inconvenientes como la ausencia de los mismos. Por otro lado el mundo del hardware está plagado de patentes, por lo que, se ha venido animando a las empresas para que desarrollen y liberen nuevo hardware, con el fin de que se creen estándares públicos y libres, en los cuales cualquier persona amante de la tecnología pueda generar aportes y creaciones en este campo. [10]

1.8 Aplicaciones

Es necesario hacer mención de las aplicaciones que nacieron bajo el concepto de hardware libre como lo son las

siguientes:

- Proyecto arduino: este proyecto es una de las primeras iniciativas fundamentadas en el concepto de hardware libre, la cual, consiste en una placa con diversas entradas y salidas que permiten el desarrollo de proyectos para el control de objetos interactivos autónomos, a su vez, ha servido de plataforma para que estudiantes puedan tener sus primeros pasos en el mundo de la electrónica. Uno de los usos más grandes de Arduino es el diseño y construcción de instrumentos musicales electrónicos junto con software libre de audio, que permite crear experiencias sonoras y visuales en tiempo real.[12]

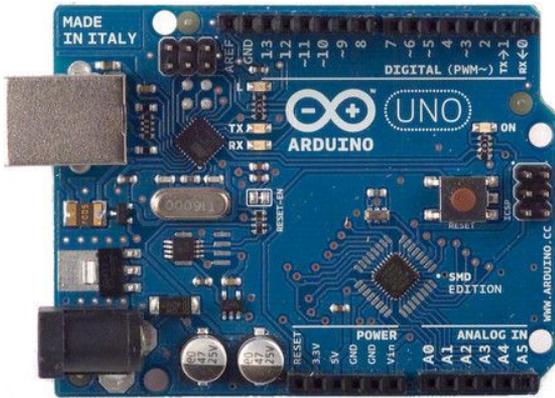


Figura 4. Placa de Arduino UNO R3.

- OpenMoko: de la unión de plataformas de software y hardware abierto, nace OpenMoko el cual es una plataforma abierta para desarrolladores que les permite crear un sistema operativo(SO) basado en el núcleo Linux, junto con un entorno gráfico de usuario construido con el servidor X.Org, el toolkit GTK+ y el gestor de ventanas Matchbox. Para que diversos fabricantes de dispositivos móviles incluyan este sistema operativo en ellos.[12]



Figura 5. Primer smartphone que funciona con OpenMoko.

- Uzebox: es una videoconsola libre de diseño retro

que se basa en el microcontrolador AVR de 8bits de Atmel. Lo que hace especial a esta videoconsola, a parte del hecho de que sea libre, es que utiliza un kernel impulsado de interrupción y no tiene framebuffer. Las funciones tales como sincronizar la generación del video, azulejos y la mezcla de audio se realizan en tiempo real por una tarea de fondo, para que de esta manera los juegos se puedan desarrollar fácilmente en código C. Esta consola, se compone de sólo dos chips y componentes discretos, 4 KB de memoria RAM, 64KB de memoria de programa, una velocidad de reloj de 28.61818 Mhz, sonido de 8 bits mono y puerto MIDI.[18]



Figura 6. Videoconsola Uzebox

- Proyecto RepRap: proyecto iniciado en 2004 por Adrian Bowyer y sus compañeros de la Universidad de Bath, en Reino Unido, para crear una impresora 3D capaz de replicarse a sí misma mediante la impresión de la mayoría de sus componentes. Este dispositivo se puede acceder bajo la licencia GNU GPL, lo cual, permite a cualquier individuo copiar, estudiar, distribuir y mejorar sus diseños y código fuente. Con el pasar del tiempo, se han creado varios modelos de RepRap que son mejorados por la comunidad de hardware libre.[18]



Figura 7. Impresora RepRap

- Raspberry PI: Es una placa computadora (SBC) de bajo coste, se podría decir que es un ordenador de tamaño reducido, del orden de una tarjeta de crédito, desarrollado en el Reino Unido por la Fundación Raspberry PI (Universidad de Cambridge) en 2011, con el objetivo de estimular la enseñanza de la informática en las escuelas, aunque no empezó su comercialización hasta el año 2012. El concepto es el de un ordenador desnudo de todos los accesorios que se pueden eliminar sin que afecte al funcionamiento básico. Está formada por una placa que soporta varios componentes necesarios en un ordenador común y es capaz de comportarse como tal. A la raspberry Pi la han definido como una maravilla en miniatura, que guarda en su interior un importante poder de cómputo en un tamaño muy reducido. Es capaz de realizar cosas extraordinarias.

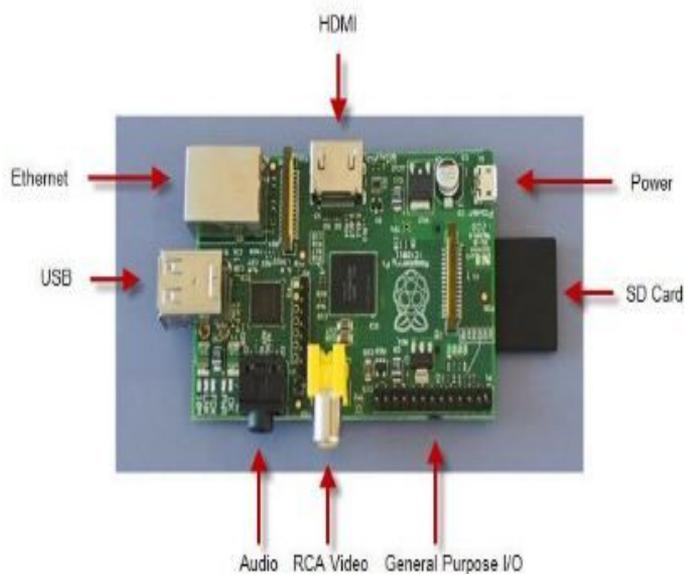


Figura 8. Ejemplo de Raspberry pi

2. Sistemas embebidos

2.1 Antecedentes

Los sistemas embebidos, también conocidos como sistemas embarcados o sistemas empotrados, han estado presente a lo largo de la historia, pero con el desarrollo de la electrónica es que se han hecho notar. El desarrollo de los sistemas embebidos tiene sus raíces en la invención del circuito integrado, el desarrollo constante de la electrónica digital ha dado lugar a dispositivos cada vez más complejos, entre ellos, microprocesadores, microcontroladores, etc.

Los sistemas embebidos suelen tener en una de sus partes una computadora con características especiales conocida como microcontrolador que viene a ser el cerebro del sistema. [11]

Los sistemas embebidos pueden ser vistos en cualquier instante de nuestra vida. Como ejemplo tenemos el horno microondas, el carro, el ascensor, el equipo de sonido, todos estos son controlados por computadoras que comúnmente no tienen una pantalla, un teclado o disco rígido, y no responden a lo que comúnmente llamamos PC. [13]

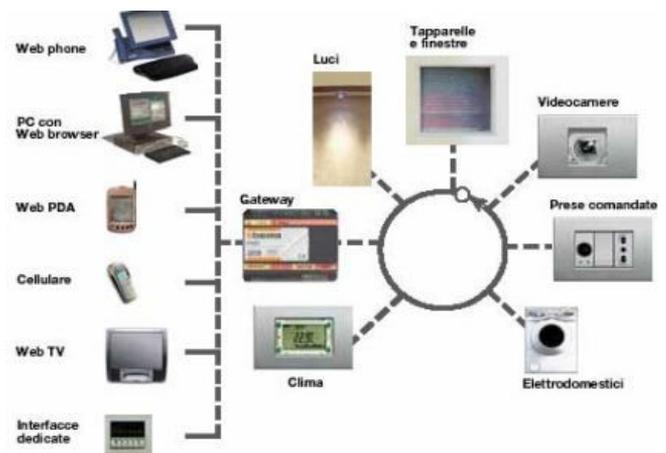


Figura 9. Ejemplos de sistemas embebidos comunes

2.2 Definición

Se entiende por sistemas embebidos a una combinación de hardware y software de computadora, sumado también algunas piezas mecánicas o de otro tipo, diseñado para tener una función específica. Es típico ver el uso de estos aparatos aunque pocos se dan cuenta que hay un procesador y un programa que se está ejecutando y les permite

funcionar.[Esto ofrece un contraste con el computador de mesa, que si bien de igual forma está constituido por una combinación de hardware y software más algunas piezas mecánicas (discos rígidos, por ejemplo).[14] Pero el computador personal no es diseñado para un uso específico. Si no que es posible darle muchos usos diferentes.

En un Sistema Embebido casi todos los componentes están incluidos en la placa base (la tarjeta de vídeo, audio, módem) y muchas veces los dispositivos que resultan no tienen la apariencia de lo que normalmente llamamos computador. Algunos ejemplos de Sistemas Embebidos podrían ser dispositivos como un taxímetro, un sistema de control de acceso, la electrónica que controla una máquina expendedora o el sistema de control de una fotocopiadora entre otras múltiples aplicaciones.[11]

2.3 ¿Cómo están contruidos?

Los Sistemas Embebidos suelen tener en una de sus partes una computadora con características especiales conocida como microcontrolador que viene a ser el cerebro del sistema. Este no es más que un microprocesador que incluye interfaces de entrada/salida en el mismo chip. Normalmente estos sistemas poseen una interfaz externa para efectuar un monitoreo del estado y hacer un diagnóstico del sistema.

Por lo general, los Sistemas Embebidos se pueden programar directamente en el lenguaje ensamblador del microcontrolador o microprocesador incorporado sobre el mismo, o también, utilizando los compiladores específicos que utilizan lenguajes como C o C++ y en algunos casos, cuando el tiempo de respuesta de la aplicación no es un factor crítico, también pueden usarse lenguajes interpretados como Java.[13]



Figura 10.Raspberry-Pi Tipo B+

IV. CASO DE APLICACIÓN

Partiendo del alcance y la evolución tecnológica que ha venido presentando Raspberry Pi como una computadora de placa simple y de bajo costo, la cual está apoyada en la cultura del hardware libre como impulsadora de la enseñanza de las ciencias de la computación en las escuelas, se plantea la implementación de un sistema embebido de bajo coste que sirva como punto de acceso inalámbrico(WiFi) a través del cual se generará acceso a Internet, en las zonas con menor cobertura de la Universidad Industrial de Santander.

Para lograr el desarrollo de esta aplicación, los componentes necesarios son pocos y económicos, enumerados a continuación:

- Raspberry Pi
- Cable Ethernet
- Adaptador WiFi
- Tarjeta de memoria compatible(mínimo 4GB) [14]

Se puede prescindir del penúltimo requerimiento si se cuenta con una Raspberry Pi 3v, ya que esta trae incorporado el adaptador WiFi.



Figura 11. Raspberry Pi como punto de acceso WiFi

Para obtener el tutorial completo de como convertir una Raspberry Pi 3 en un punto de acceso WiFi ver [15].

V. CONCLUSIÓN

La cultura libre en software y hardware ha llevado a un desarrollo tecnológico y científico acrecentado, pues cada día son más quienes están dispuestos a unirse a esta corriente y generar aportes propios que pueden ser accedidos por personas que posean algún interés en la materia, o bien sea por usuarios finales con deseos de aprender qué hay de fondo y todo esto por muy bajo o ningún costo. Es aquí donde la enseñanza en las escuelas se ha visto beneficiada, pues, económicamente hablando se hace factible promover la educación en ciencias de la computación, siendo esta última vital en el sostenimiento mundial.

Por otro lado, garantizar el acceso de estudiantes a este tipo de tecnología promueve un pensamiento creativo, además de facilitar el proceso de aprendizaje en la estructura de la programación de computadoras.

Es importante motivar a los estudiantes de Arquitectura de computadores a adquirir sistemas como Raspberry Pi o acceder a estos, así como también continuar con la investigación de diversos posibles usos para los mismos es crucial para quien desee continuar con el estudio de las ciencias de la computación.

Garantizar el acceso a información de este tipo a directivos y estudiantes de la universidad Industrial de

Santander podría traer consecuencias positivas para mejorar y trascender la educación actual, sin embargo, debe realizarse un estudio de impactos socio-económicos que corroboren la factibilidad de proyectos de esta índole.

Con la aplicación del hardware libre se empezarán a generar conocimientos, a compartirlos y a establecer una gran comunidad que se basa en estas tecnologías principalmente, donde no solo se habla acerca de un microcontrolador que fácilmente puede mover un motor, puede encender un par de LEDs o incluso puede controlar algunas señales que provienen de un sensor, sino que se habla y trabaja sobre toda una infraestructura de cómputo que no solo puede dar unas cuantas órdenes, sino que también puede procesar cantidades realmente importantes de información de manera muy rápida.[19] Y gracias a esto se producirá un mayor emprendimiento en el desarrollo y estudios de la ciencia de la computación.

VI. REFERENCIAS

- [1] "The Open Hardware Certification Program," 12-Dec-1998. [Online]. Available: <http://web.archive.org/web/19981212031618/http://www.openhardware.org/>. [Accessed: 29-Jan-2017].
- [2] "Open-source hardware," Wikipedia. [Accessed: 30-Jan-2017].
- [3] Antonio Álvarez Rodrigo, "Sistema de sensorización haciendo uso de Raspberry Pi para su uso e implantación en un entorno inteligente" [Online]. Available: http://dehesa.unex.es/bitstream/handle/10662/3528/TFGUEX_2014_Alvarez_Rodrigo.pdf?sequence=1. [Accessed: 30-Jan-2017].
- [4] "Raspberry Pi 2 Model B," Raspberry Pi. [Online]. Available: <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-2-model-b/>. [Accessed: 30-Jan-2017].
- [5] "Raspberry Pi 3 Model B," Raspberry Pi. [Online]. Available: <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b/>. [Accessed: 30-Jan-2017].
- [6] "Raspberry Pi" [Online]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi [Accessed: 30-Jan-2017].
- [7] Ivan González, Juan González y Francisco Gómez, "Hardware libre: clasificación y desarrollo de hardware reconfigurable en entornos GNU/Linux"
- [8] "Hardware Libre" [Online]. Available: <http://hl.cenditel.gob.ve/intro/definicion/> [Accessed: 30-Jan-2017]
- [9] "¿Qué es el Hardware Libre?" [Online]. Available: http://www.eldiario.es/turing/Hardware-Libre_0_139986451.html [Accessed: 30-Jan-2017]
- [10] "Hardware Libre" [Online]. Available: <http://isneidishardwarelibre.blogspot.com.co/2011/04/ventajas-y-desventajas.html> [Accessed: 30-Jan-2017]
- [11] "Sistemas Embebidos" [Online]. Available: http://datateca.unad.edu.co/contenidos/208006/sistemas_embebidos_conten

ido/leccin_no_1__definicin_e_historia.html [Accessed: 30-Jan-2017]

[12]“Hardware Libre” [Online] Available:
https://www.ecured.cu/Hardware_libre [Accessed: 30-Jan-2017]

[13]“Sistemas Embebidos: Innovando hacia los Sistemas Inteligentes”
http://www.semanticwebbuilder.org.mx/es_mx/swb/Sistemas_Embebidos_Innovando_hacia_los_Sistemas_Inteligentes_ [Accessed: 30-Jan-2017].

[14]“Sistema embebido” [Online] Available:
https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_embebido [Accessed: 30-Jan-2017].

[15]“SISTEMAS EMBEBIDOS” [Online] Available:
<http://server-die.alc.upv.es/asignaturas/PAEEES/2005-06/A07%20-%20Sistemas%20Embebidos.pdf> [Accessed: 30-Jan-2017].

[16] Tutorial Raspberry Pi - Cómo crear un punto de acceso WiFi [Online].
Available:
<https://geekytheory.com/tutorial-raspberry-pi-como-crear-un-punto-de-acceso-wifi/> [Accessed: 31-Jan-2017].

[17] Using your raspberry pi 3 as a wifi access point with fostapd [Online].
Available:
<https://frillip.com/using-your-raspberry-pi-3-as-a-wifi-access-point-with-hostapd/> [Accessed: 31-Jan-2017].

[18] Camilo Vega y Carlos Gomez, “Hardware Libre, ¿de qué se trata?. Algunos Ejemplos”

[19]“La importancia del hardware libre en el internet de las cosas” [Online]
Available:
<http://www.cunorte.udg.mx/noticias/2015/junio/08/la-importancia-del-hardware-libre-en-el-internet-de-las-cosas> [Accessed: 31-Jan-2017].